

**MICROSCOPE WITH SCANNING UNIT, AND ARRANGEMENT THEREFOR
AND OPERATION METHOD THEREFOR**

Patent Number: JP11231222

Publication date: 1999-08-27

Inventor(s): GUENTER SCHOPPE; WILHELM STEFAN DR; SIMON ULRICH; HARTMUT HEINZ;
BERNHARD GRABLER

Applicant(s):: CARL ZEISS JENA GMBH

Requested Patent: ☐ JP11231222Application
Number: JP19980029341 19980127Priority Number
(s):

IPC Classification: G02B21/00 ; G02B6/32 ; G02B26/10

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To couple radiation, preferably, laser radiation, to a scanning head having a scanning unit deflecting at least two-dimensionally.

SOLUTION: In this microscope, radiation, preferably, laser radiation, is focused on an object 5 through an objective lens 4 of the microscope M, and is coupled to a scanning head S through at least one visible ray optical fiber 14, and collimator lenses 16 for collimating the exiting radiation diverged at the fiber end parts are arranged at the fiber end parts of the scanning head, and couple the radiation, preferably, the laser radiation, to the scanning head S having a scanning unit 34 deflecting at least two-dimensionally.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-231222

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 21/00

6/32

26/10

識別記号

F I

G 0 2 B 21/00

6/32

26/10

C

審査請求 未請求 請求項の数19 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平10-29341

(22) 出願日

平成10年(1998) 1月27日

(71) 出願人 396000455

カール ツァイス イエナ ゲゼルシャフト
ミット ベシュレンクテル ハフツング

ドイツ D-07745 イエナ タツツェン
ドブルムナーデ 1 a

(72) 発明者 ギュンター ショッペ

D-07745 イエナ ハンス・アイスラ
ー・ストラッセ 24

(72) 発明者 ステファン ウィルヘルム

D-07743 イエナ ソフィエン ストラ
ッセ 6

(74) 代理人 弁理士 松田 省躬

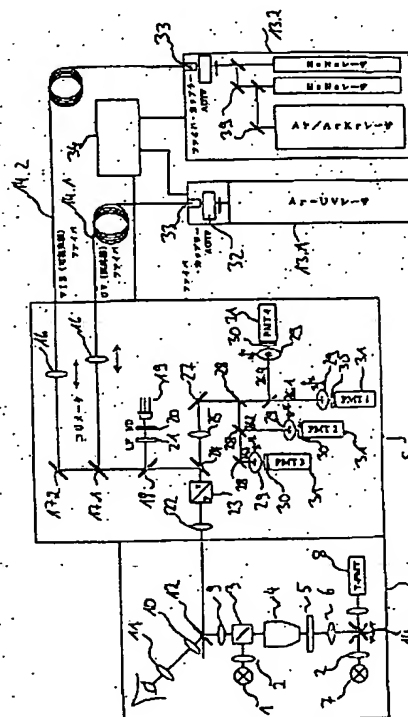
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査ユニット付顕微鏡、そのための配置および操作方法

(57) 【要約】

【課題】 放射、好ましくはレーザ放射を、少なくとも二次元で偏向する走査ユニット34を有する走査ヘッドSに結合するための配置。

【解決手段】 放射、好ましくはレーザ放射が、顕微鏡Mの対物レンズ4を通じて対象物5に焦点合せされ、少なくとも一つの可視光線ファイバ14を通じて走査ヘッドSが結合され、走査ヘッドにおけるファイバ端部において、ファイバ端部で発散して出る放射をコリメートするためのコリメート・レンズ16が配置されており、放射、好ましくはレーザ放射を、少なくとも二次元で偏向する走査ユニット34を有する走査ヘッドSに結合するための配置、走査ユニット付顕微鏡、および操作方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射、好ましくはレーザ放射が、顕微鏡の対物レンズを通じて対象物に焦点合せされ、少なくとも一つの可視光線ファイバを通じて走査ヘッドが結合され、走査ヘッドにおけるファイバ端部において、ファイバ端部で発散して出る放射をコリメートするためのコリメート・レンズが配置されており、放射、好ましくはレーザ放射を、少なくとも二次元で偏向する走査ユニットを有する走査ヘッドに結合するための配置。

【請求項2】 コリメート・レンズが、そのファイバ端部までの距離を変えるために移動するように形成されている、請求項1に記載の配置。

【請求項3】 さまざまな波長および／または波長領域のために、結合が複数のファイバを通じて行われ、そのつどさまざまなコリメート・レンズがファイバ出口に取り付けられている、請求項2に記載の配置。

【請求項3】 一つのファイバを通じた複数の波長の結合された放射、および／またはさまざまな色収差のために、コリメート・レンズの波長に応じた移動がなされる、請求項2に記載の配置を操作するための方法。

【請求項4】 一つの波長のために、コリメート・レンズの移動によって、焦点位置の調整が二次元偏向に垂直な方向に行われる、請求項2に記載の配置を操作するための方法。

【請求項5】 放射、好ましくはレーザ放射が顕微鏡の対物レンズを通じて対象物に焦点合せされ、少なくとも一つの可視光線ファイバを通じて走査ヘッドが結合され、UVレーザと可視光線ファイバ入口との間にAOTFが配置されている、放射、好ましくはレーザ放射を少なくとも二次元で偏向する走査ユニットを有する走査ヘッドに結合するための配置。

【請求項6】 AOTFの方向操作によって、UV放射が可視光線ファイバ入口に向けられ、あるいはそのそばを通過するように向けられる、請求項5に記載の配置を操作するための方法。

【請求項7】 結合された放射の一部が放射分割器を通じて第1検出エレメントに向けられ、この第1検出エレメントによって走査ヘッドに結合されたレーザ放射を監視するための配置。

【請求項8】 レーザ放射を波長に応じて監視するために、光線経路において検出エレメントに交換可能なフィルタが準備されている、請求項7に記載の配置。

【請求項9】 検出信号が、レーザ出力、レーザ強度、または結合された放射の他のパラメータを調節するための調整信号である、請求項7または8に記載の配置。

【請求項10】 第1検出エレメントの検出信号と同時に、少なくとも第2検出エレメントの検出信号が受け取

られ、この信号は、走査された対象物から出る放射を結像するために結像光線経路に存在する、請求項7から9の少なくとも一項に記載の配置を操作するための方法。

【請求項11】 第2検出エレメントによって把握される信号と第1検出エレメントによって把握される信号とが、妨害信号および信号変動を抑制するために数学的に、好ましくは除算または減算によって互いに結ばれる、請求項10に記載の配置を走査するための方法。

【請求項12】 走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、

この検出ユニットは複数の共焦点検出チャンネルを有し、これらのチャンネルには、調節可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置され、顕微鏡の対物レンズによって作られる画像を写すために共焦点絞りの面に検出チャンネルに共通のレンズを準備し、

この共通レンズは好ましくは一つの光学部材からなり、単一レンズからなることが有利である、

走査ユニットを有する顕微鏡。

【請求項13】 走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、

この放射は複数の共焦点検出チャンネルの中でビーム・スプリッタを通じて分配され、これらのチャンネルには、光軸の方向に移動可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置されている、

走査ユニットを有する顕微鏡。

【請求項14】 走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、

この放射は複数の共焦点検出チャンネルの中でビーム・スプリッタを通じて分配され、これらのチャンネルには、光軸に対して垂直に移動可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置されている、

走査ユニットを有する顕微鏡。

【請求項15】 少なくとも一つのビーム・スプリッタがビーム・スプリッタ交換装置として形成された、請求項14に記載の走査ユニットを有する顕微鏡。

【請求項16】 制御手段によって、少なくとも一つの開口絞りの光軸に垂直の移動が、少なくとも一つのビーム・スプリッタ交換装置の位置に応じて行われる、請求項15に記載の配置を操作するための方法。

【請求項17】 開口絞りの移動が、特定の波長への調節のため、かつ／または顕微鏡および／または走査ユニットの結像された要素の色収差を補償するために行われる、請求項13に記載の配置を操作するための方法。

【請求項18】 制御手段による特に顕微鏡対物レンズの結像された要素を交換する場合に、開口絞りの移動が、その都度結像された要素のために記憶された位置に行われる、請求項17に記載の方法。

【請求項 19】 走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、この検出ユニットは複数の共焦点検出チャンネルを有し、これらのチャンネルには、調節可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置され、少なくとも一つの共焦点絞りに、少なくとも一つの検出エレメントに放射を伝達するための可視光線ファイバが直接準備されている、走査ユニットを有する顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査ユニット付き顕微鏡における放射を走査ヘッドに結合するための配置およびその操作方法に関する。

【0002】

【発明の実施の態様】本発明は、放射、好ましくはレーザ放射が、顕微鏡の対物レンズを通じて対象物に焦点合せされ、少なくとも一つの可視光線ファイバを通じて走査ヘッドが結合され、走査ヘッドにおけるファイバ端部において、ファイバ端部で発散して出る放射をコリメートするためのコリメート・レンズが、そのファイバ端部までの距離を変えるために移動できるように配置されており、放射、好ましくはレーザ放射を、少なくとも二次元で偏向する走査ユニットを有する走査ヘッドに結合するための配置である。

【0003】放射の走査ヘッドへの結合が、さまざまな波長および／または波長領域のために、複数のファイバを通じて行われ、そのつどさまざまなコリメート・レンズがファイバ出口に取り付けられている配置。

【0004】一つのファイバを通じた複数の波長の結合された放射、および／またはさまざまな色収差のために、コリメート・レンズの波長に応じた移動ができるように操作するための方法。

【0005】一つの波長のために、コリメート・レンズの移動によって、焦点位置の調整が二次元偏向に垂直な方向に行われるように操作するための方法。

【0006】放射、好ましくはレーザ放射が顕微鏡の対物レンズを通じて対象物に焦点合せされ、少なくとも一つの可視光線ファイバを通じて走査ヘッドが結合され、UVレーザと可視光線ファイバ入口との間にAOTFが配置されている、放射、好ましくはレーザ放射を少なくとも二次元で偏向する走査ユニットを有する走査ヘッドに結合するための配置。

【0007】AOTFの方向操作によって、UV放射が可視光線ファイバ入口に向けられ、あるいはそのそばを通過するように向けられるように操作するための方法。

【0008】結合された放射の一部が放射分割器を通じて第1検出エレメントに向けられ、この第1検出エレメントによって走査ヘッドに結合されたレーザ放射を監視するための配置。

【0009】レーザ放射を波長に応じて監視するため

に、光線経路において検出エレメントに交換可能なフィルタが準備されている配置。

【0010】検出信号が、レーザ出力、レーザ強度、または結合された放射の他のパラメータを調節するための調整信号となっている配置。

【0011】第1検出エレメントの検出信号と同時に、少なくとも第2検出エレメントの検出信号が受け取られ、この信号は、走査された対象物から出る放射を結像するために結像光線経路に存在するように操作するための方法。

【0012】第2検出エレメントによって把握される信号と第1検出エレメントによって把握される信号とが、妨害信号および信号変動を抑制するために数学的に、好ましくは除算または減算によって互いに結ばれるように走査するための方法。

【0013】走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、この検出ユニットは複数の共焦点検出チャンネルを有し、これらのチャンネルには、調節可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置され、顕微鏡の対物レンズによって作られる画像を写すために共焦点絞りの面に検出チャンネルに共通のレンズを準備し、この共通レンズは好ましくは一つの光学部材からなり、単一レンズからなることが有利である、走査ユニットを有する顕微鏡。

【0014】走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、この放射は複数の共焦点検出チャンネルの中でビーム・スプリッタを通じて分配され、少なくとも一つのビーム・スプリッタがビーム・スプリッタ交換装置として形成され、これらのチャンネルには、光軸の方向あるいは光軸に対して垂直に移動可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置されている、走査ユニットを有する顕微鏡。

【0015】制御手段によって、少なくとも一つの開口絞りの光軸に垂直の移動が、少なくとも一つのビーム・スプリッタ交換装置の位置に応じて行われるように操作するための方法。

【0016】開口絞りの移動が、特定の波長への調節のため、かつ／または顕微鏡および／または走査ユニットの結像された要素の色収差を補償するために行われるように操作するための方法。

【0017】制御手段による特に顕微鏡対物レンズの結像された要素を交換する場合に、開口絞りの移動が、その都度結像された要素のために記憶された位置に行われるように操作される方法。

【0018】走査された対象物から出る放射を把握するために検出ユニットが準備され、この検出ユニットは複数の共焦点検出チャンネルを有し、これらのチャンネルには、調節可能な共焦点絞りが顕微鏡の対物レンズの焦面に接続する平面に配置され、少なくとも一つの共焦点絞りに、少なくとも一つの検出エレメントに放射を伝達す

るための可視光線ファイバが直接準備されている、走査ユニットを有する顕微鏡。

【0019】

【実施例】図1には、顕微鏡ユニットMと走査ヘッドSが概略的に示され、これらは、図2によれば中間画像Zの上に共通の光学的交点を有する。

【0020】走査ヘッドSは、直立した顕微鏡のフォトチューブにも、また有利に反転した顕微鏡の側面出口にも置くことができる。

【0021】図1には、照明走査と透視走査との間で巡回式ミラー14によって切替え可能な顕微鏡の光線経路が示されており、光源1、照明レンズ2、ビーム・スプリッタ3、対物レンズ4、供試体5、集光器6、光源7、受信装置8、第1鏡胴レンズ9、第2鏡胴レンズ10と接眼レンズ11とを有する監視光線経路、ならびに走査光線を結合するためのビーム・スプリッタも示されている。

【0022】レーザ・モジュール13.1、13.2はレーザを受け入れ、これは可視光線ファイバ14.1、14.2を通じて走査ヘッドSのレーザ結合ユニットに連結されている。

【0023】可視光線ファイバ14.1、14.2の結合は、さらに近くに寄せられる移動式のコリメート・レンズ16、ならびに光線方向変換エレメント17.1、17.2によって行われる。

【0024】部分通過式ミラー18によって、監視光線経路は、図示されていない回転可能なフィルタ・ホイール、線路フィルタ21、ならびに中性フィルタ20の上に準備されることが有利な、モニター・ダイオード19の方向に絞り込まれる。

【0025】固有の走査ユニットは、走査対物レンズ22、スキャナ23、主ビーム・スプリッタ24、および検出チャネル26.1～26.4のための共通の結像レンズ25からなる。

【0026】結像レンズ25の背後にある方向変換プリズム27は、対象物5から来る光線を、二色性ビーム・スプリッタ28の方向に、結像レンズ25の収斂性光線経路で反映し、この後に、光軸の方向およびこれに直角方向とに設定可能でかつ直径を変えることのできるピンホール29、それぞれに独立した検出チャネルならびに放射フィルタ30、および受信エレメント31(PMT)が配置されている。

【0027】図5に概略的に示すように、ビーム・スプリッタ27、28が、複数の位置を有する分割器ホイールとして、ステッピング・モータによって動力で切替え可能に形成される。

【0028】ガラスファイバ14.1、好ましくはシングル・モード・ガラスファイバにおけるUV光線の結合が、光線偏向器としてAOTFによって行われる、すなわち、光線がファイバ入口に向かない場合には、光線は

ファイバ入口のAOTFによって、例えば図示されていない光トラップに向けられる。

【0029】レーザ光線を結合するための結合レンズ33は、結合のための図示されていないレンズ系を有し、このレンズ系の焦点距離は、レーザの光線断面と最適結合に必要な開口数とによって決定される。

【0030】レーザ・モジュール13.2には、単一波長レーザおよび多重波長レーザが準備され、これらはAOTFを通じて単一または複数のファイバに個別または共通に結合される。

【0031】さらに、結合は複数のファイバによっても同時に行うことができ、この放射は適合レンズを通過した後に顕微鏡側で色混合器によって混合される。

【0032】ファイバ入口における様々なレーザの放射の混合も可能であり、概略的に図示された交換可能かつ切替え可能に形成されたビーム・スプリッタ・ミラー39によって行うことができる。

【0033】図2と図3においてファイバ14.1、14.2のファイバ端から発散して走査ユニットSに出て行くレーザ放射は、コリメート・レンズ16によってコリメートされ、無限光線になる。

【0034】これが、中央方向操作ユニット34を通じて、方向操作可能な制御ユニット37による光軸に沿った移動によって焦点合せ機能を有する、単一のレンズによって行われることは有利であり、このレンズの可視光線ファイバ14.1、14.2までの距離は、本発明では走査ユニットにおいて変更可能である。

【0035】図3aと図3bに、コリメート・レンズ16の移動効果を概略的に示す。

【0036】図3aでは、二つの異なる波長 λ_1 、 λ_2 についての光線の経路を示す。

【0037】このために、多色光源が、固定された結像レンズ4の焦点面に、スペクトル範囲の平均波長についてのみ形成されるので、ファイバ端とコリメート・レンズからの距離は方向操作ユニット37によって変えられる。図示された両波長については、両波長のために同じ焦点位置を保証するためには、レンズ位置S1、S2という結果になる。

【0038】これによって、蛍光顕微鏡の場合に、蛍光放射が無限に設定された対物レンズ4の焦点に生じ、励起放射が同じ平面に焦点を結ぶことは有利である。

【0039】複数のファイバとファイバ・コリメータも、さまざまな励起波長のためのさまざまな色補正のために適用できる。さらにこれによって、はめ込んだレンズ、特に顕微鏡の対物レンズの色修正を行うことができる。

【0040】さまざまな波長のための複数の結合ファイバおよびコリメート・レンズによって、さまざまな色補正を独立して行うことができる。

【0041】レンズ16の移動による可変コリメーション

ンは、移動式コリメート・レンズ16によって焦点がブレバートにおいてz方向に移動されて光学断面が次々に検出される、z走査の実現のためにも適用することができる。これは図3bに波長 λ について図示され、この場合、設定位置S1、S2は焦点位置 F_1 、 F_2 に対応する。

【0042】図2では、図3に図示されていない焦点合せレンズの前方に置かれたモニター・ダイオード19が使用され、特に特定のレーザ線における出力を切り離して管理し、場合によっては方向操作ユニット34の調整信号を使用して安定化するために、走査ユニットの中に結合されたレーザ放射の永続的監視のために、制御ユニット36によって制御される直線または範囲選定式のフィルタ・ホイールすなわちフィルタ移動装置21と共に作動する。

【0043】モニター・ダイオード19による検出は、機械光学的伝達システムに基づいてレーザ・ノイズおよび変動を把握する。

【0044】この場合、検出された瞬間的レーザ出力から、収差信号を引き出すことができ、この信号は、走査モジュールに放射されたレーザ出力を安定化することを目的として、レーザまたはレーザに切り換えられた一つの強度変調器(ASOM、AOTF、EOM、シャッタ)に、オンラインで直接反応する。

【0045】そこで、フィルタ・ユニット21の方向操作によって、強度の波長安定性とレーザ出力の管理が行われる。

【0046】検出部31(PMT)およびその都度の中央方向操作ユニットとの接続によって、検出信号とダイオード19のモニター信号との信号商または信号減算を形成することによって、ノイズの減少が可能で、この方法で画像中における強度の変動を減少するために、検出チャンネルの該当するセンサー信号は、ピクセル画像情報としてピクセル式にモニター・ダイオードの信号に規格化される、例えば割り算される。

【0047】図1には、さまざまな方法で調整可能なピンホール29を検出チャンネル26.1~26.4の中に概略的に示す。これらのピンホールは、特に光軸に垂直に、すなわち光軸の方向に移動可能に配置され、また周知の方法で、例えばばさみ式機構またはキャットアイ式機構によって直径を変えることができる。ピンホールの直径の調整は、この直径を、さまざまな監視波長におけるエアリーの円盤の直径に適合できるようにする。

【0048】図4と図5には、個別のピンホールの調整または移動のための方向操作手段38が概略的に示され、これらのピンホールは中央方向操作ユニット34へのデータ線を有する。

【0049】図4に、光軸方向におけるピンホールの方向操作可能な移動可能性を概略的に示す。この移動可能性は、光学的欠陥、特に長さ方向の色収差の補償のため

に有利である。この欠陥は、走査対物レンズ22において生じる可能性があるが、例えば検出チャンネルに共通の結像レンズ25においても生じる可能性がある。

【0050】さまざまな波長 λ_1 、 λ_2 について、長さ方向の色収差によって、各ピンホール位置P1、P2に対応する各焦点位置が生じる。例えば顕微鏡の対物レンズの結像レンズを交換するとき、はめ込んだレンズの周知の長さ方向の色収差の場合に、方向操作ユニット34と制御移動手段38とによって、光軸に沿ったピンホールの自動的な移動が行われる。適用された励起波長への正確な調節を行うことができる。

【0051】一つの光学部材からなることが有利なすべての検出チャンネルのための共通結像レンズ25を通じて、走査対物レンズ22によって作られる無限に合せた画像がピンホール平面に形成される。共通結像レンズ25は、周知の解決方法よりも改善された透過係数を生ぜしめる。それでもやはり、結像レンズと個別の検出チャンネルにおける個々の調整可能ピンホールとの協働で、正確な調整を行うことができる。

【0052】光線経路には、さまざまな二色性ビーム・スプリッタ28を適用される波長に応じて、これらの波長を遮断して検出光線経路に導くために、はめ込むことができる。したがってさまざまな光線経路に、(図示されていない)分割器回転部すなわち分割器ホイール、特にホイール軸が光軸に対して45度に傾斜している分割器ホイールが、さまざまなできるだけ小さな分割器を旋回させるために準備されているので、分割器は常に反射面の中でのみ移動される。

【0053】分割器ホイールに取り付けられた分割器28は正確に同じように調整されることはできず、またはこれらの調整内の変動、または標準くさび許容誤差が種々の光線偏向角を引き起こす可能性があるので、図5における図示にしたがって、その都度のピンホールの移動が、制御ユニット38により光線偏向に応じて光軸に垂直に行われる。

【0054】ここでは、図示されていない制御ユニット36によって駆動される分離器ホイールの上にある分割器28.1、28.2の二つの異なる位置が、概略的に示されており、これらは、ピンホール29の平面を光軸に垂直に移動する焦点位置に作用する。

【0055】これに関して、方向操作ユニット34によって制御ユニット36、38により、ピンホール29の位置と分割器28のための分割器ホイール位置との結合が行われ、すなわち種々の分割器回転部のすべての分割器構成について、最適のピンホール位置が記憶機構から取り出され、呼出し可能である。

【0056】これは、一つの特定の分割器ホイールの位置のみではなく、複数の分割器ホイールの位置にも関するもので、常にその都度の最適なピンホール位置が自動的に調節される。

【0057】図6には、検出チャンネルのピンホールを通じて放射を外部センサ31に導くために、可視光線ファイバ40をピンホール29に、すなわちピンホールの後のPMTの出口にどのように取り付けることができるかを概略的に示す。

【0058】これは、可視光線ファイバ38を使用し、追加の結合レンズなしに、ピンホールの後に密に取り付けることが有利である。

【0059】ピンホールの開口は調整可能であるから、さまざまな内径を有するファイバの交換は容易になり、ピンホールの大きさは内径に適合される。

【図面の簡単な説明】

【符号の説明】

M 顕微鏡

S 走査ヘッド

1 光源

2 照明レンズ

3 ビーム・スプリッタ

4 対物レンズ

5 供試体

6 集光器

7 光源

8 受信装置

9 第1鏡胴レンズ

10 第2鏡胴レンズ

11 接眼レンズ

12 ビーム・スプリッタ

13. 1、13. 2 レーザ・モジュール

14 可視光線ファイバ

15 旋回式ミラー

16 コリメート・レンズ

17 光線方向変換エレメント

18 部分通過式ミラー

19 モニター・ダイオード

20 中性フィルタ

21 線路フィルタ

22 走査対物レンズ

23 スキャナ

24 主ビーム・スプリッタ

25 結像レンズ

26. 1～26. 4 検出チャンネル

27 方向変換プリズム

28. 1、28. 2 二色性ビーム・スプリッタ

29 調整可能ピンホール（開口絞り）

30 放射フィルタ

31 PMT

32 AOTF

33 結合レンズ

34 中央方向操作ユニット

35、36、37、38 ダイオード19、フィルタ交換器21、コリメーティング・レンズ16、調整可能ピンホール29のための局所方向操作ユニット

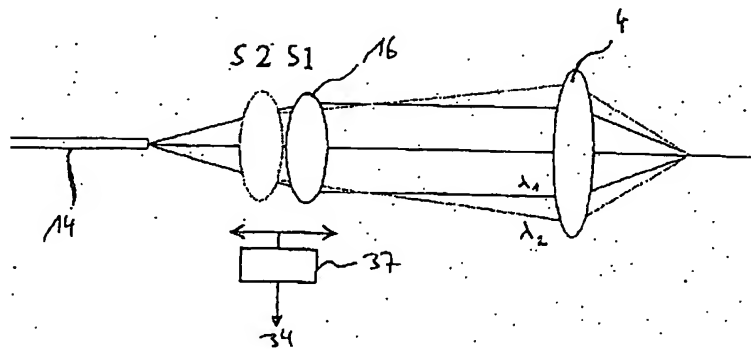
39 ビーム・スプリッタ

40 可視光線ファイバ

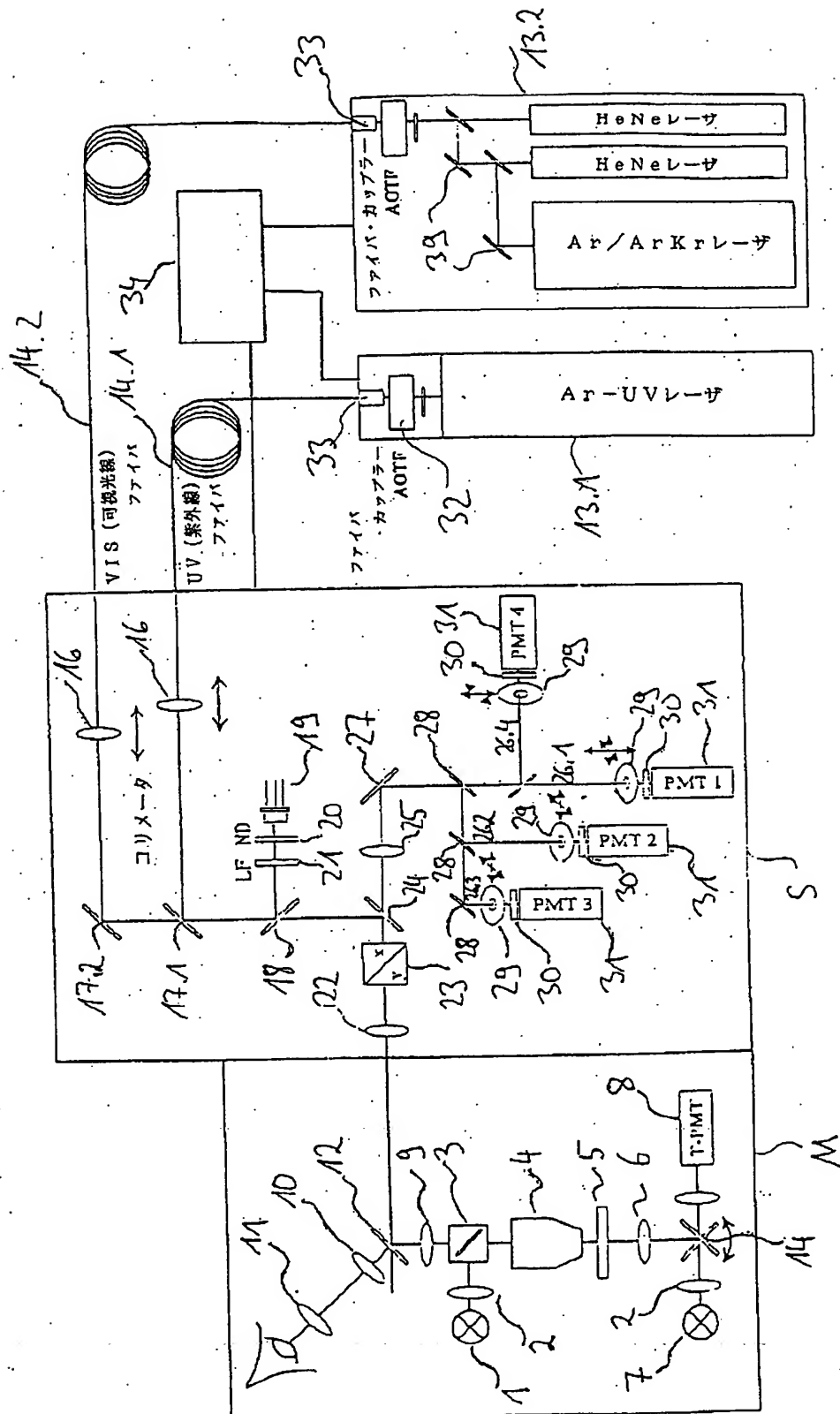
S1、S2、F1、F2 焦点位置

P1、P2 ピンホール位置

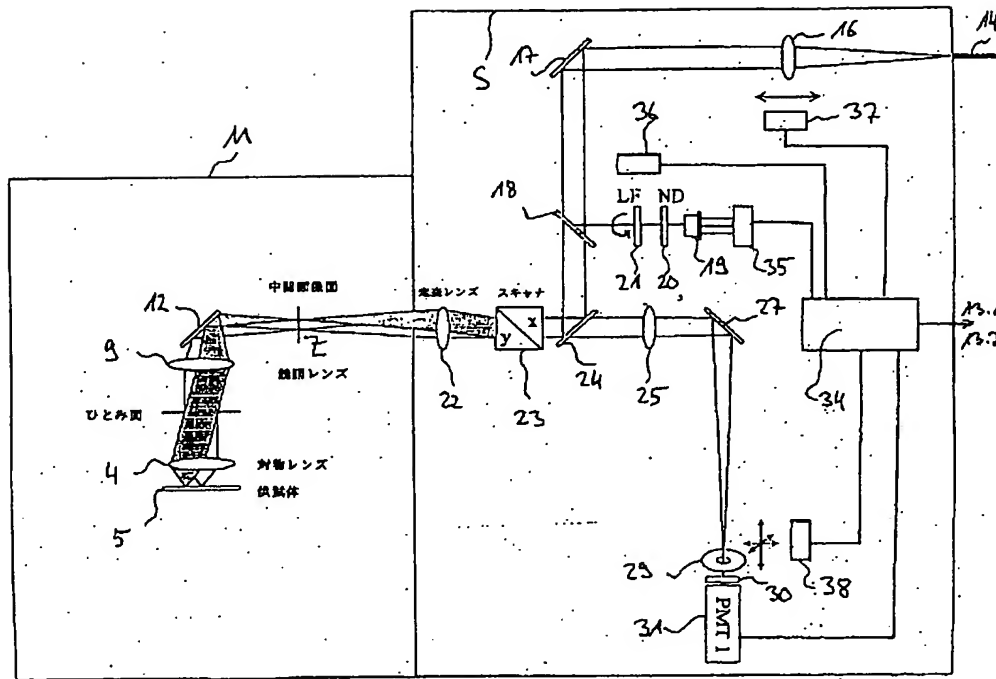
【図3a】



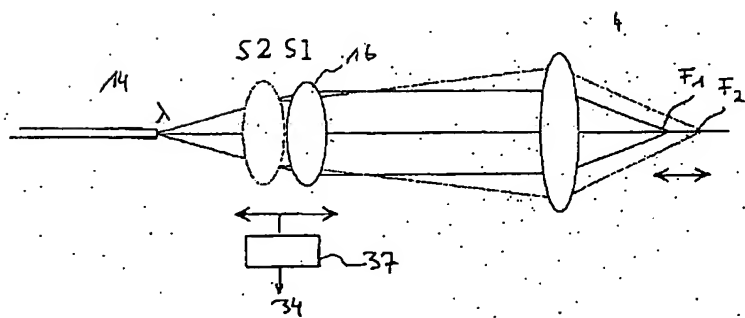
【図1】



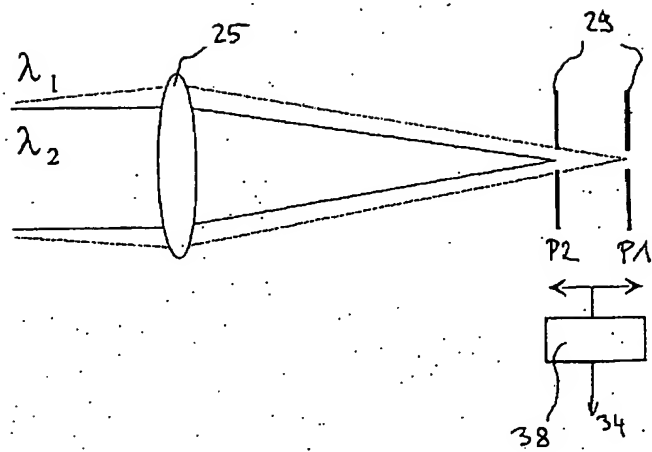
【図2】



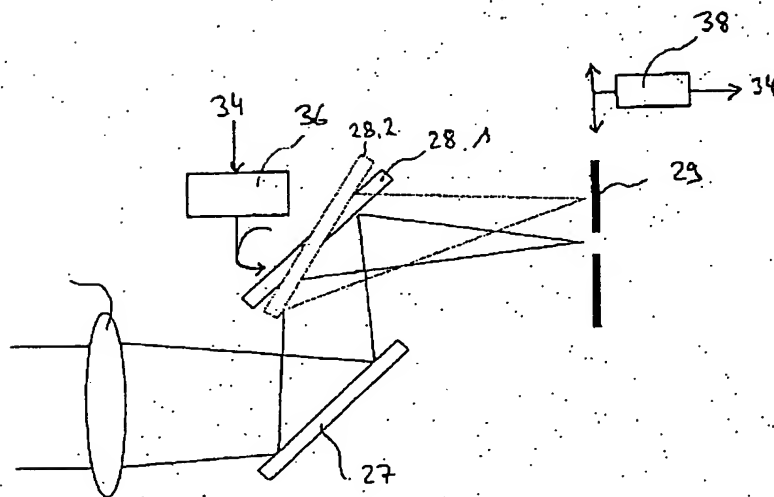
【図3 b】



【図4】



【図5】



28, 28. 1、28. 2 二色性ビーム・スプリッタ

29 調整可能ピンホール（開口絞り）
30 放射フィルタ
31 PMT
32 AOTF
33 結合レンズ
34 中央方向操作ユニット
35、36、37、38 ダイオード19、フィルタ交

換器21、コリメーティング・レンズ16、調整可能ピンホール29のための局所方向操作ユニット
39 ビーム・スプリッタ
40 可視光線ファイバ
S1、S2、F1、F2 焦点位置
P1、P2 ピンホール位置

フロントページの続き

(72)発明者 ウルリッヒ シモン
D-07743 イエナ ルーテル ストラッ
セ 86

(72)発明者 ハルトムート ハイニンツ
D-07749 イエナ プラントストレーム
ストラッセ 45
(72)発明者 ベルンハルト グレブラー
D-07747 イエナ ジュディス・アウエ
ル ストラッセ 17